

Anwendungen und Ergebnisse eines Körperschall-
meßverfahrens

Th. Kristen und H.W. Müller

Technische Hochschule Braunschweig

Eine optimale Luft- und Trittschalldämmung ist im Wohnungsbau stets abhängig von der vorhandenen Körperschallübertragung. Daher sind diese drei Größen bei der akustischen Beurteilung eines Gebäudes nicht von einander zu trennen. Während Meßverfahren für Luft- und Trittschalluntersuchungen bereits im Jahre 1952 als DIN 52 210 niedergelegt werden konnten, sind die in den letzten Jahren entwickelten Körperschallmeßverfahren wegen der Kompliziertheit der Körperschallübertragungsform erst teilweise für die Praxis anzuwenden.

Der Zweck des folgenden Berichtes soll sein, auszugsweise Ergebnisse eines Körperschall-Meßverfahrens zu bringen, das am Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Technischen Hochschule Braunschweig im Auftrage des Herrn Ministers für Wiederaufbau des Landes Nordrhein-Westfalen entwickelt wurde.

1. Allgemeines über Körperschallübertragung

Unter Körperschall werden Schwingungen von Festkörpern verstanden. In der Bauakustik sind die infrage kommenden Festkörper Wände, Decken bzw. Fußböden, die entweder durch direkten Stoß (Begehen, Klopfen usw.) oder durch Druckwellen des Luftschalles zu Schwingungen angeregt werden und diese Schwingungen zum Teil weiterleiten. Es handelt sich hier vorwiegend um Biegeschwingungen, deren Ausbreitungsenergie von den Dämpfungseigenschaften des jeweiligen Baumaterials und von der Bauweise abhängig ist.

Die Dämpfungseigenschaften werden bestimmt von der Art des Baustoffes (massiv oder porig) und vor allem von der Dicke der Bauelemente. So werden z.B. dicke Wände ungleich schwerer zu Körperschallschwingungen angeregt als dünne Wände. Die

Körperschallschwingungen der Wände oder Decken regen ihrerseits die angrenzenden Luftschichten wieder zu Schwingungen an, die vom menschlichen Ohr als Störschall wahrgenommen werden. Je größer die Schwingungsamplituden des Körperschalles sind, um so intensiver ist der Störschall.

Im Wohnungsbau ist es daher erforderlich, die Körperschallenergie, die über Nebenwege in benachbarte Wohnungseinheiten gelangt, möglichst niedrig zu halten. Da die direkte Schallübertragung und die Übertragung auf Nebenwegen (Körperschallübertragung) stets gekoppelt auftreten, sind beide Größen meßtechnisch nur schwer von einander zu trennen. Die bauakustischen Entwicklungsarbeiten der letzten Jahre hatten die unabhängige Feststellung von direkter und indirekter Schallübertragung zum Ziel.

2. Meßverfahren und Meßgenauigkeit

Zum Zeitpunkt der im Institut Braunschweig durchgeführten Untersuchungen waren nur Körperschallmeßmethoden von Meyer, Parkin, Oberst und Purkis (1) bekannt. Hierauf aufbauend wurde zunächst versucht, ein Meßverfahren, das für Reihenuntersuchungen geeignet war, zu finden.

Als Körperschallsender diente ein piezoelektrisches Anregungssystem, das mit Klebewachs und zusätzlicher Massenbelastung auf den Versuchsdecken bzw. an den Versuchswänden befestigt war. Auf der Empfangsseite wurde ein piezoelektrischer Aufnehmer benutzt, dessen Piezo-Spannung als Schnelle oder Beschleunigung absolut abgelesen oder mit einem Pegelschreiber registriert werden konnte. Der Schwingungsaufnehmer wurde mit Klebewachs an vier Punkten der jeweils zu messenden Wand- bzw. Deckenfläche befestigt, und aus den Einzelwerten ist eine mittlere Schnelle der Versuchsfläche bei den entsprechenden Meßfrequenzen berechnet worden.

Die Fehlergrenzen dieser Meßmethode wurden wie folgt ermittelt: Es standen vier nebeneinanderliegende etwa gleichgroße Räume in einer Flucht zur Verfügung, die in ihrer Reihenfolge als Raum S, A, B, C usw. bezeichnet werden sollen. Eine über diese 4 Räume durchgehende Stahlbeton-

decke wurde über dem Raum S bei den Frequenzen 150, 300, 700, 1400 und 2800 Hz körperschallmäßig angeregt. An den Decken der Räume A, B und C wurden an jeweils vier Punkten die Schnellen gemessen. Eine Meßreihe besteht also aus vier Meßpunkten an der Decke jedes einzelnen Raumes bei den angegebenen Meßfrequenzen. In zeitlichen Abständen von jeweils 2 bis 3 Stunden wurde eine Meßreihe bei konstanter Anregungsleistung viermal wiederholt. Auf diese Weise wurde das in Abb. 1 dargestellte Ergebnis erhalten.

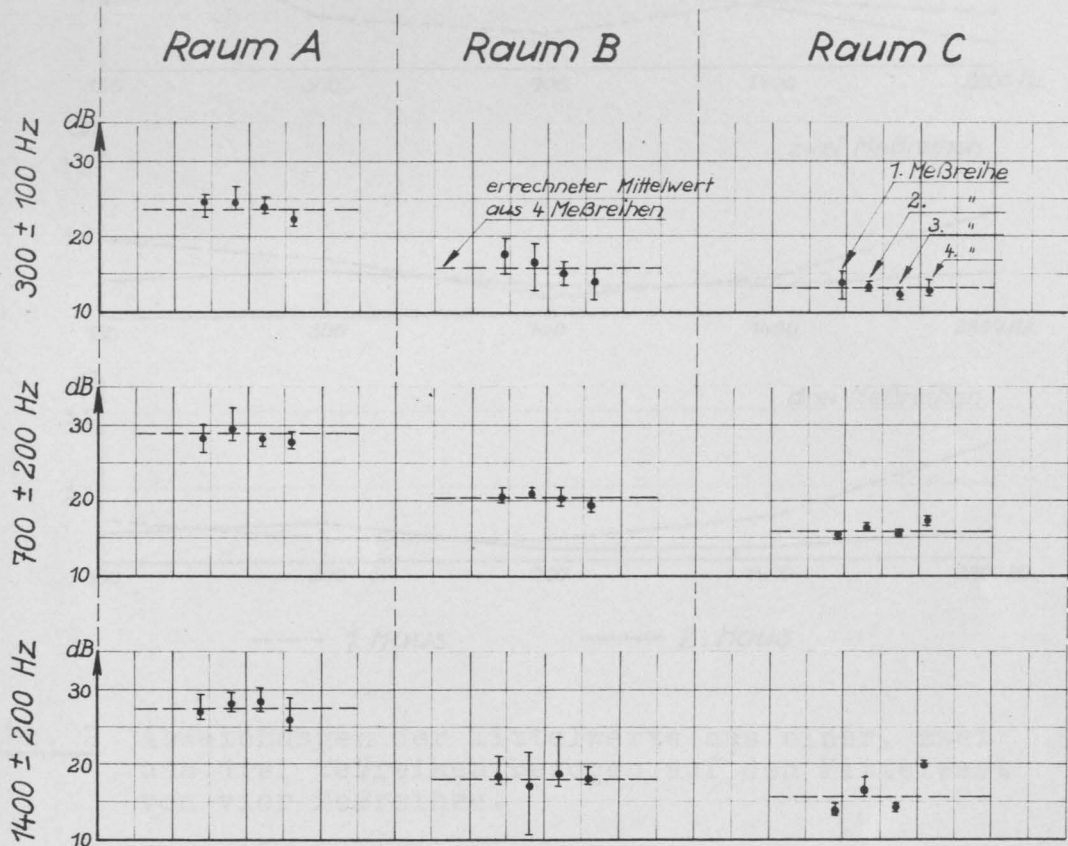


Abb. 1 Streubereiche bei je vier Meßpunkten und verschiedenen Meßreihen.

Es sind die Streubereiche und die Mittelwerte der Einzelmesswerte der jeweiligen Meßreihen dargestellt. Der Gesamtmittelwert, also die Mittelung von 4 x 4 Meßpunkten wurde als wahrer Schnellewert für die Decke jedes Raumes angenommen.

In Erweiterung dieser Genauigkeitsbetrachtungen wurden die mittleren Abweichungen der Werte für eine, zwei und drei

Meßreihen von dem als richtig angenommenen Mittelwert aus vier Meßreihen für alle Räume bei den verschiedenen Anregungsfrequenzen bestimmt. Die Ergebnisse, die an zwei gleichartig ausgeführten Häusern erhalten wurden, sind in Abb. 2 dargestellt.

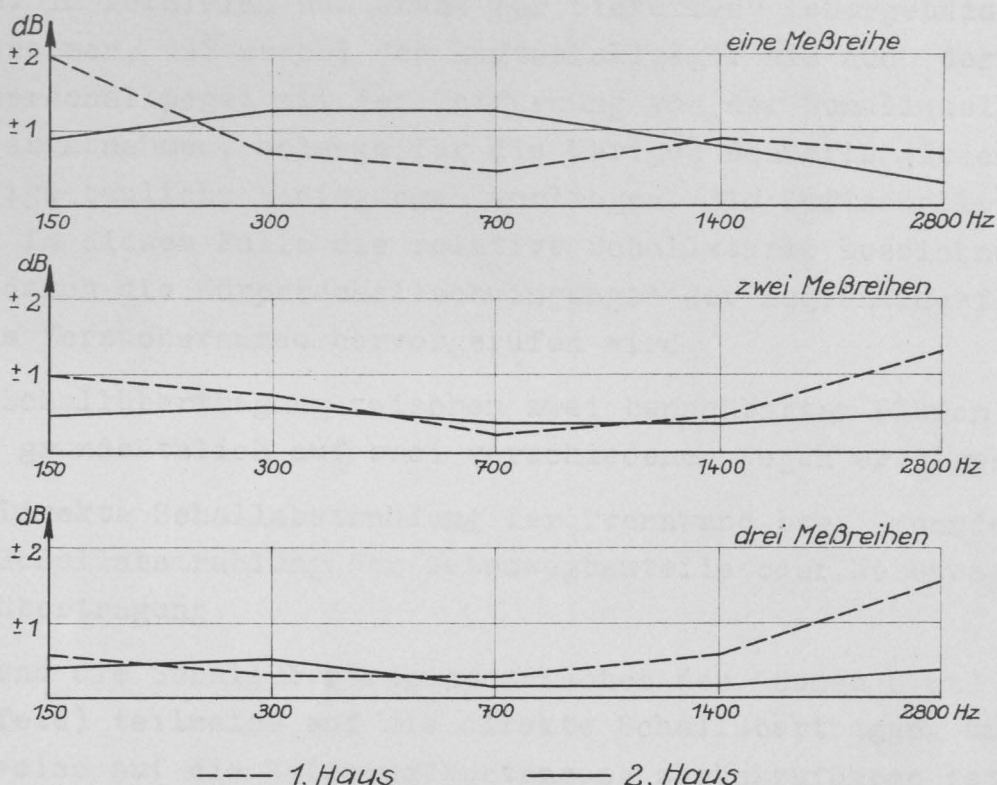


Abb. 2 Abweichungen der Mittelwerte aus einer, zwei und drei Meßreihen bezogen auf den Mittelwert von vier Meßreihen.

Bei tiefen und hohen Frequenzen ist ein Ansteigen der Mittelwertsstreuungen feststellbar, während der kleinste Streuwert bei 700 Hz liegt. Als wesentliches Ergebnis ist aus Abb. 2 zu entnehmen, daß bereits der Mittelwert aus zwei Meßreihen eine mittlere Abweichung von etwa $\pm 0,5$ dB von dem als richtig angenommenen Mittelwert aus vier Meßreihen hat. Drei und mehr Meßreihen bringen für die Praxis demnach keine den zeitlichen Aufwand rechtfertigende Erhöhung der Meßgenauigkeit. Diese Genauigkeitsbetrachtungen gelten vorwiegend für Bauteile mit weitgehend homogenem Aufbau.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1 Zusammenhang zwischen Luftschall- und Körperschall- übertragung

Bei nebeneinander liegenden gleichgroßen Versuchsräumen mit gleichdicken Trennwänden ist außerhalb der Anregungszone (d.h. im Fernfeld) auf Grund der bisherigen Meßergebnisse anzunehmen, daß sowohl der Luftschallpegel als auch der Körperschallpegel mit der Entfernung von der Schallquelle linear abnehmen, solange für die übrigen Bauteile gleichwertige bauliche Bedingungen vorliegen. Als Luftschallpegel wird in diesem Falle die relative Schallstärke bezeichnet, die durch die Körperschallschwingungen der Begrenzungsflächen eines Versuchsaumes hervorgerufen wird.

Die Schallübertragung zwischen zwei benachbarten Räumen kann grundsätzlich auf zwei verschiedenen Wegen erfolgen:

- a.) Direkte Schallabstrahlung der Trennwand bzw. Trenndecke.
- b.) Schallabstrahlung der Nebenwegbauteile oder Nebenwegübertragung.

Während die Schallübertragung zwischen den Räumen S und A (Nahfeld) teilweise auf die direkte Schallübertragung und teilweise auf die Nebenwegübertragung zurückzuführen ist, besteht zwischen den Räumen des Fernfeldes eigentlich nur eine Nebenwegübertragung. In der Bauakustik ist es von großem Interesse, diese beiden Übertragungsarten von einander zu trennen, um Werte über die Größe jeder einzelnen dieser Komponenten zu erhalten. Da die Körperschallübertragung innerhalb des Fernfeldes von Raum zu Raum als gleich groß angenommen werden kann, ergibt sich durch Extrapolation des Luftschallpegelverlaufes in Richtung A ein Maß für die Abschätzung des direkt übertragenen Luftschallanteiles. Die Extrapolation des Luftschallpegels vom Raum B aus ist in der Abb. 3 dargestellt.

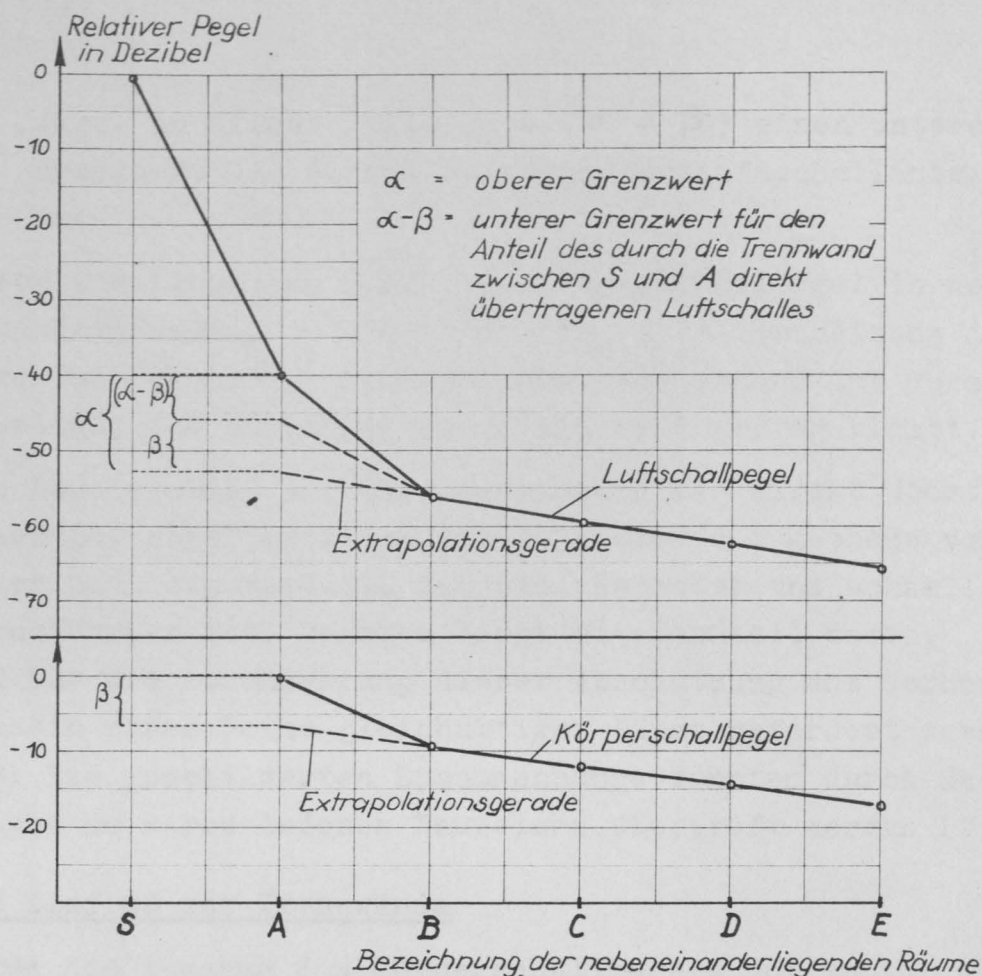


Abb. 3 Abschätzung der direkt übertragenen Schallenergie

Für die Extrapolation ergeben sich 2 Möglichkeiten:

- a.) Ohne Rücksicht auf eventuelle Besonderheiten der Körperschallabnahme zwischen den Räumen A und B wird der Pegelabfall zwischen Raum B und Raum E über Raum B hinaus bis Raum A geradlinig extrapoliert. Die Höhe α gibt dann an (in dB), um wieviel der gemessene Luftschallpegel in A über dem so extrapolierten Wert liegt. Dieser Wert für den direkt durch die Trennwand übertragenen Luftschallanteil stellt einen Höchstwert dar, da für die Körperschallabnahme zwischen A und B der kleinste mögliche Wert eingesetzt wurde.
- b.) Die in der Praxis vorliegenden Bedingungen werden besser erfaßt, wenn die Extrapolation nicht geradlinig vorgenommen wird, sondern wenn der Verlauf des Körperschallpegels zwischen den Räumen A und B bei der Extrapolation des Luftschallpegels über Raum B hinaus berücksichtigt

wird. In diesem Falle gibt ($\alpha - \beta$) einen unteren Grenzwert des direkt übertragenen Luftschallanteiles an.

Durch Bestimmen der Luft- und Körperschallpegel in nebeneinanderliegenden Räumen läßt sich eine Abschätzung der direkten Schallübertragung vornehmen, jedoch ist vorauszusetzen, daß die Meßunsicherheit sehr gering bleibt.

Die beschriebene Art der Abschätzung des direkt übertragenen Luftschallanteiles hat gegenüber der Methode von Meyer u.a. den Vorteil, daß sie einfacher und schneller durchführbar ist, dagegen liegt ein Nachteil darin, daß für die Durchführung dieser Abschätzung das Vorhandensein einer Reihe gleichartiger Räume gefordert werden muß. Die geschilderten Zusammenhänge konnten durch Messungen an verschiedenen Bauweisen überprüft werden (2).

3.2 Einfluß der Trennwände

Wurde die Abnahme des Körperschallpegels horizontal über mehrere Räume hinweg verfolgt, so war festzustellen, daß z.B. die Deckenamplituden eines bestimmten Raumes in untergeordnetem Maße mit wachsender Entfernung von der Schallquelle abnehmen. Ohne Einschränkung der Genauigkeit läßt sich somit für jeden Raum eine mittlere Deckenamplitude ermitteln. Diese Beobachtungen sind auch bei den Amplituden der Außen-, Mittel- oder Trennwände gemacht worden. Ein Unterschied besteht jedoch zwischen den Schwingungsgrößen von Decken und Wänden desselben Raumes. Die Zusammenhänge lassen sich nicht verallgemeinern, weil sie von dem jeweiligen Baumaterial und der Konstruktion des Gesamtgebäudes abhängen. Für die Abnahme der horizontal sich ausbreitenden Körperschallenergie sind die Dämpfungseigenschaften der Deckenkonstruktion, die Stoßstellendämpfung und die Ableitungseigenschaften der Außen- und Mittelwände maßgebend.

Der Einfluß der Trennwanddicke auf die Biegewellenausbreitung wird in Abb. 4 und 5 gezeigt.

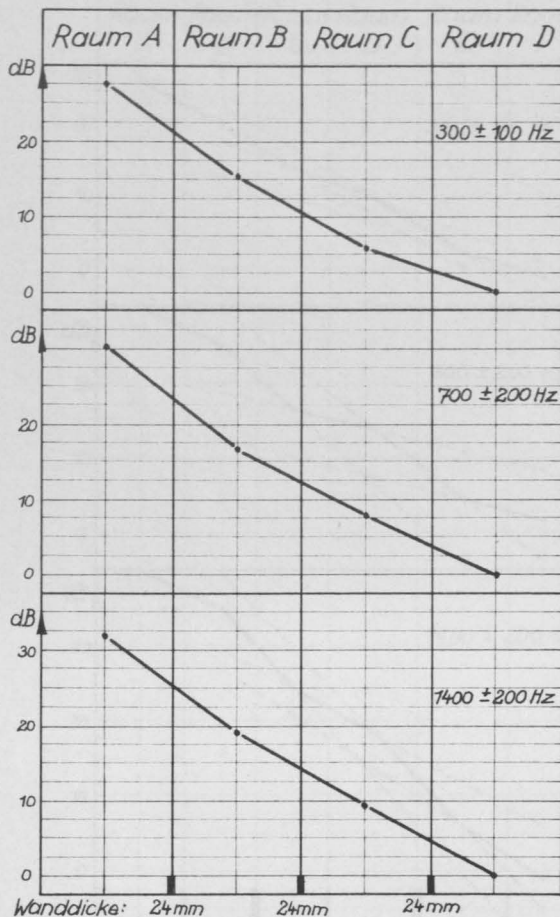
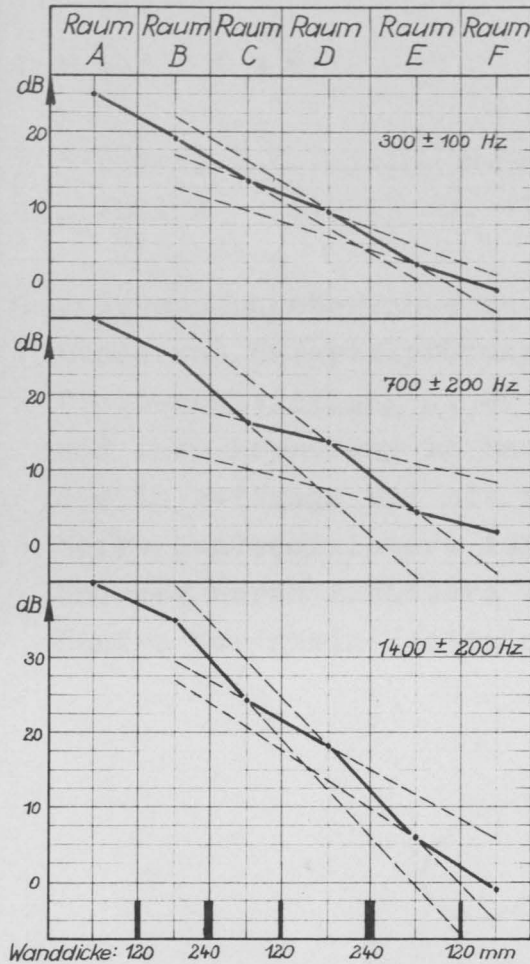


Abb. 4 Energieverteilung an Decken nebeneinanderliegender MeBräume bei gleicher Wandmasse

Aus der Abb. 4 ist zu
 ersehen, daß bei der Aus-
 breitung von Biegewellen ein
 unterschiedliches energetisches
 Verhalten in Abhängigkeit von
 der Frequenz mit der Entfer-
 nung von der Schallquelle zu
 beobachten ist. Dieses äußert
 sich durch die unterschied-
 liche Neigung der Verbindungs-
 geraden zwischen den entspre-
 chenden Körperschallpegeln.
 Deutlich ist die stetige Ab-
 nahme der Biegewellenenergie
 zu erkennen. Die von Raum zu
 Raum gemessene Pegelabnahme
 an den Decken ist gleich-
 zeitig ein Maß für die Ener-
 gieaufnahme der Auflagerungs-
 wände. In dem vorliegenden
 Beispiel gleicher Zwischen-
 wandmassen ist die Energie-
 abnahme der Biegewellen von
 einem Raum zum anderen
 gleich groß.

Das Verhalten der Biegewellen in horizontaler Richtung mit
 unterschiedlich dicken Zwischenwänden ist aus der Abb. 5
 zu entnehmen.

Die Zwischenwände der MeBräume waren abwechselnd 12 bzw. 24 cm
 dick, und die Stahlbetondecke war auf diese Wände in jedem
 Falle aufgelagert. Die jeweiligen Verzweigungsstellen
 Decke - Wand bilden kreuzartige Stoßstellen, die sich
 wegen der unterschiedlichen Wandmassen in ihrer Energie-
 aufnahme unterscheiden müssen.



Die Energieabnahme an einer Verzweigungsstelle Decke - Wand nimmt mit wachsender Wandmasse zu. Andererseits ist die Stoßstellendämpfung, die durch gleichdicke Zwischenwände verursacht wird, unabhängig von der Entfernung der Schallquelle, wie durch die gestrichelten Geraden angedeutet wird.

Abb. 5 Energieverteilung an Decken nebeneinanderliegender Meßräume bei verschiedener Wandmasse.

4. Zusammenfassung

Es ist ein Körperschallmeßverfahren entwickelt worden, mit dem Größt- und Kleinstwerte der direkten Schallübertragung abgeschätzt werden können. Diese Abschätzung setzt jedoch eine Luft- und Körperschallpegelmessung von hinreichender Genauigkeit voraus. Betrachtungen über die erzielbare Genauigkeit werden angestellt. Abschließend wird der Einfluß der an den Trennwänden auftretenden Stoßstellendämpfung auf die horizontale Körperschallausbreitung behandelt.

S c h r i f t t u m :

- (1) E.Meyer, P.H.Parkin, H.Oberst und H.J. Purkis,
ACUSTICA 1 (1951) S. 17/28
- (2) Untersuchungsberichte des Instituts für Baustoff-
kunde und Materialprüfung der T.H. Braunschweig:
"Weiterentwicklung einer Körperschallmeßmethode
und ihre Erprobung in Bauten" Teil I und Teil II,
die im Auftrage und mit der Unterstützung des
Herrn Bundesministers für Wohnungsbau, Bonn,
und des Herrn Ministers für Wiederaufbau des
Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführt wurden.

Dr. W. P. W. W.

Dr. W. P. W. W., am 29.11.57.